

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 2 8 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 0 2 4 8 6
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 2 0 2 4 8 6]

出 願 人 株式会社東芝
Applicant(s):

2 0 0 3 年 8 月 1 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 7 6 2 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 APB02Z020

【提出日】 平成15年 7月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 23/12

【発明の名称】 絶縁構造体、半導体装置、及び半導体装置の製造方法

【請求項の数】 20

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 松村 剛

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 中嶋 崇人

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 川本 浩

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 宮里 美季江

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 魚住 宜弘

【特許出願人】**【識別番号】** 000003078**【氏名又は名称】** 株式会社 東芝**【代理人】****【識別番号】** 100083806**【弁理士】****【氏名又は名称】** 三好 秀和**【電話番号】** 03-3504-3075**【選任した代理人】****【識別番号】** 100068342**【弁理士】****【氏名又は名称】** 三好 保男**【選任した代理人】****【識別番号】** 100100712**【弁理士】****【氏名又は名称】** 岩▲崎▼ 幸邦**【選任した代理人】****【識別番号】** 100100929**【弁理士】****【氏名又は名称】** 川又 澄雄**【選任した代理人】****【識別番号】** 100108707**【弁理士】****【氏名又は名称】** 中村 友之**【選任した代理人】****【識別番号】** 100095500**【弁理士】****【氏名又は名称】** 伊藤 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100101247

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊一

【選任した代理人】

【識別番号】 100098327

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 俊雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 絶縁構造体、半導体装置、及び半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 底部絶縁膜と、

マクロ空洞部を内側に挟んで互いに対向し、前記底部絶縁膜の上に配置された互いに等しい高さの第 1 絶縁膜及び第 2 側壁絶縁膜と、

前記第 1 側壁絶縁膜の上部から前記第 2 側壁絶縁膜の上部へ架設された上部絶縁膜

とを含むことを特徴とする絶縁構造体。

【請求項 2】 前記上部絶縁膜は、前記マクロ空洞部の上部を封止するように前記第 1 側壁絶縁膜と前記第 2 側壁絶縁膜との間に架設された主梁部と、

前記高さ方向に測った厚さが前記主梁部と等しく、前記主梁部を挟むように前記第 1 絶縁膜及び前記第 2 側壁絶縁膜の上にそれぞれ配置された第 1 副梁部及び第 2 副梁部

とを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の絶縁構造体。

【請求項 3】 前記第 1 側壁絶縁膜及び前記第 2 側壁絶縁膜は、前記底部絶縁膜と接触する底部の幅が、前記接触部分から離間した腹部の幅より狭いことを特徴とする請求項 1 に記載の絶縁構造体。

【請求項 4】 前記第 1 側壁絶縁膜及び前記第 2 側壁絶縁膜は、前記上部絶縁膜と接触する頭部の幅が、前記接触部分から離間した腹部の部分の幅より狭いことを特徴とする請求項 1 に記載の絶縁構造体。

【請求項 5】 前記底部の幅は、前記腹部の幅より 1 0 ～ 3 0 n m 狭いことを特徴とする請求項 3 に記載の絶縁構造体。

【請求項 6】 前記頭部の幅は、前記腹部の幅より 1 0 ～ 3 0 n m 狭いことを特徴とする請求項 4 に記載の絶縁構造体。

【請求項 7】 前記高さ方向に垂直に測った前記第 1 及び第 2 副梁部の幅のそれぞれは、前記第 1 及び第 2 側壁絶縁膜の幅のそれぞれより狭いことを特徴とする請求項 2 に記載の絶縁構造体。

【請求項 8】 基板と、

前記基板の上に配置された層間絶縁膜と、
前記層間絶縁膜の上に配置された底部絶縁膜と、
特定方向に伸延するマクロ空洞部を内側に挟んで互いに対向し、前記底部絶縁膜の上に配置された互いに等しい高さの第 1 絶縁膜及び第 2 側壁絶縁膜と、
前記第 1 側壁絶縁膜の上部から前記第 2 側壁絶縁膜の上部へ架設された上部絶縁膜と、
前記第 1 及び第 2 側壁絶縁膜の周囲に配置された前記第 1 及び第 2 側壁絶縁膜を挟んで、前記特定方向にそれぞれ伸延する一対の配線とを備えることを特徴とする半導体装置。

【請求項 9】 前記一対の配線のそれぞれは、バリアメタルと該バリアメタルの上部の配線コア部からなることを特徴とする請求項 8 に記載の半導体装置。

【請求項 10】 層間絶縁膜の上に底部絶縁膜を堆積する工程と、
前記底部絶縁膜の上に多孔質絶縁膜を堆積する工程と、
前記多孔質絶縁膜の上に低誘電率絶縁膜を堆積する工程と、
前記低誘電率絶縁膜、前記多孔質絶縁膜の一部順に前記底部絶縁膜から露出するまで選択的に除去して溝部を形成し、該溝部を形成する際の反応により前記溝部の側壁に露出した前記多孔質絶縁膜の化学的組成を変化させ、第 2 及び第 2 側壁絶縁膜を同時に形成し、更に、前記反応により前記溝部の側壁に露出した前記低誘電率絶縁膜の化学的組成を変化させ第 1 及び第 2 副梁部をそれぞれ形成する工程と、

前記第 1 側壁絶縁膜と前記第 2 側壁絶縁膜との間の前記多孔質絶縁膜を選択的に除去してマクロ空洞部を形成する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 11】 前記多孔質絶縁膜を選択的に除去して前記マクロ空洞部を形成する工程は、薬液を用いることを特徴とする請求項 10 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 12】 前記多孔質絶縁膜及び前記低誘電率絶縁膜に含まれる水分を蒸発させる工程を更に含むことを特徴とする請求項 11 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 13】 前記溝部に、前記第 1 及び第 2 側壁絶縁膜を挟んで特定方向にそれぞれ伸延する一対の配線を埋め込む工程を更に含むことを特徴とする請求項 10 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 14】 前記配線を埋め込む工程は、
前記溝部の表面にバリアメタル形成する段階と、
前記バリアメタルの上部に配線コア部を埋め込む段階
とを含むことを特徴とする請求項 13 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 15】 前記配線の上に第 2 層間絶縁膜を堆積する工程と、
前記第 2 層間絶縁膜を貫通するように溝部を形成し、該溝部に配線コア部を埋め込む工程

とを更に含むことを特徴とする請求項 13 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 16】 前記溝部の形成は、フッ素ガスを含む低圧ガスを用いることを特徴とする請求項 10 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 17】 前記薬液はフッ化水素溶液であることを特徴とする請求項 11 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 18】 前記薬液はバッファードフッ酸溶液であることを特徴とする請求項 11 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 19】 前記マクロ空洞部を形成する工程は、前記多孔質絶縁膜に水蒸気を与えて吸湿させることを特徴とする請求項 10 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 20】 前記マクロ空洞部を形成する工程は、前記多孔質絶縁膜にフッ化水素溶液を与えて吸湿させることを特徴とする請求項 10 に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体装置に係り、特に低誘電率絶縁膜を用いた絶縁構造体に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体装置の微細化に伴い、配線技術においては、伝送遅延や隣接する配線間のクロストークによる信号妨害が検討課題となっている。金属配線は、アルミニウム（Al）からより抵抗の低い銅（Cu）が採用され、配線抵抗を30%低く抑える手法がとられている。層間絶縁膜は、シリコン酸化膜（SiO₂）からより比誘電率の小さい低誘電率絶縁膜（low-k膜）が採用され、配線間の電気容量を小さくする方法が検討されている。

【0003】

比誘電率の小さい絶縁膜を実現するためには、絶縁膜にミクロな細孔を含ませ、見かけ上の比誘電率を低下させた多孔質絶縁膜（porous-low-k膜）がある（例えば特許文献1参照。）。特に近年は、多孔質絶縁膜の細孔のサイズを大きくする、あるいは分布を均一にするといった成膜方法が試行錯誤されている。

【0004】**【特許文献1】**

特開平3-156929号公報

【0005】**【発明が解決しようとする課題】**

しかし、多孔質絶縁膜の多孔質度を上げると絶縁膜の機械的強度が弱くなるので、プラズマ、アッシング、化学的機械研磨（CMP）工程等で加わる応力により絶縁膜が破壊される。多孔質絶縁膜に多くの細孔を含むことで絶縁膜の強度が弱くなると、隣接する配線との剥離が生じることもある。また、多孔質絶縁膜は吸湿性が高いので、比誘電率の経時変動が起こり、配線容量を制御できない可能性がある。

【0006】

本発明は、上記した従来技術の欠点を除くためになされたものであって、その目的とするところは、誘電率が低く、機械的強度が高く、配線容量を制御することができる絶縁構造体、この絶縁構造体を用いた半導体装置、及び半導体装置の製造方法を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の第1の特徴は、(イ) 底部絶縁膜と、(ロ) マクロ空洞部を内側に挟んで互いに対向し、底部絶縁膜の上に配置された互いに等しい高さの第1絶縁膜及び第2側壁絶縁膜と、(ハ) 第1側壁絶縁膜の上部から第2側壁絶縁膜の上部へ架設された上部絶縁膜とを含む絶縁構造体であることを要旨とする。

【0008】

本発明の第2の特徴は、(イ) 基板と、(ロ) 基板の上に配置された層間絶縁膜と、(ハ) 基板の上に配置された底部絶縁膜と、(ニ) 特定方向に伸延するマクロ空洞部を内側に挟んで互いに対向し、底部絶縁膜の上に配置された互いに等しい高さの第1絶縁膜及び第2側壁絶縁膜と、(ホ) 第1側壁絶縁膜の上部から第2側壁絶縁膜の上部へ架設された上部絶縁膜と、(ヘ) 第1及び第2側壁絶縁膜の周囲に配置された第1及び第2側壁絶縁膜を挟んで、特定方向にそれぞれ伸延する一対の配線とを備える半導体装置であることを要旨とする。

【0009】

本発明の第3の特徴は、(イ) 層間絶縁膜の上に底部絶縁膜を堆積する工程と、

底部絶縁膜の上に多孔質絶縁膜を堆積する工程と、(ロ) 多孔質絶縁膜の上に低誘電率絶縁膜を堆積する工程と、(ハ) 低誘電率絶縁膜、多孔質絶縁膜の一部順に底部絶縁膜から露出するまで選択的に除去して溝部を形成し、溝部を形成する際の反応により、前記溝部の側壁に露出した多孔質絶縁膜の化学的組成を変化させ第2及び第2側壁絶縁膜を同時に形成し、更に反応により溝部の側壁に露出した前記低誘電率絶縁膜の化学的組成を変化させ第1及び第2副梁部をそれぞれ形成する工程と、(ニ) 第1側壁絶縁膜と第2側壁絶縁膜との間の多孔質絶縁膜を選択的に除去してマクロ空洞部を形成する工程とを含む半導体装置の製造方法であることを要旨とする。

【0010】**【発明の実施の形態】**

次に、図面を参照して、本発明の第1及び第2の実施の形態を説明する。以下

の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。また、図面は模式的なものであり、厚みと平均寸法の関係、各層の厚みの比率等は現実のものとは異なることに留意すべきである。また、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。以下に示す第 1 及び第 2 の実施の形態は、この発明の技術的思想を具体化するための装置や方法を例示するものであって、この発明の技術的思想は構成部品の材質、形状、構造、配置等の下記のものに特定するものではない。この発明の技術的思想は、特許請求の範囲において種々の変更を加えることができる。

【 0 0 1 1 】

(第 1 の実施の形態)

本発明の第 1 の実施の形態に係る絶縁構造体は、図 1 に示すように、底部絶縁膜 2 と、マクロ空洞部 5 を内側に挟んで互いに対向して底部絶縁膜 2 の上に配置された第 1 側壁絶縁膜 3 a 及び第 2 側壁絶縁膜 3 b と、第 1 側壁絶縁膜 3 a の上部から第 2 側壁絶縁膜 3 b の上部へ架設された上部絶縁膜 4 とを備える。上部絶縁膜 4 は、マクロ空洞部 5 の上部を封止するように、第 1 側壁絶縁膜 3 a と第 2 側壁絶縁膜 3 b との間に渡された主梁部 4 c、主梁部 4 c を挟むように第 1 側壁絶縁膜 3 a と第 2 側壁絶縁膜 3 b の上にそれぞれ配置された第 1 副梁部 4 a 及び第 2 副梁部 4 b を備える。ここで「マクロ空洞部 5」とは多孔質絶縁膜を構成する 0.01 nm ~ 0.1 nm のミクロな細孔に比べて十分大きな 10 nm ~ 50 nm の空洞部を意味する。底部絶縁膜 2 は、層間絶縁膜 1 の上に配置されている。層間絶縁膜 1 の上部と、ブリッジ構造体を構成する底部絶縁膜 2、第 1 側壁絶縁膜 3 a、第 2 側壁絶縁膜 3 b、第 1 副梁部 4 a、第 2 副梁部 4 b の側壁部には、長さ方向（紙面に向かって前後方向）に伸延する一対の第 1 及び第 2 配線 15 a、15 b が、ブリッジ構造体を挟むように配置されている。第 1 配線 15 a は、層間絶縁膜 1 の上部、及び底部絶縁膜、第 1 側壁絶縁膜 3 a、及び第 1 副梁部 4 a のそれぞれの側壁部に接して配置された第 1 バリアメタル 11 a と、第 1 バリアメタル 11 a の上に配置された第 1 配線コア部 14 a とからなる。第 2 配線 15 b は、底部絶縁膜 2、第 2 側壁絶縁膜 3 b、及び第 2 梁部 4 b の側壁部に接して配置された第 2 バリアメタル 11 b、第 2 バリアメタル 11 b の上に配置さ

れた第2金属配線コア部14aからなる。

【0012】

層間絶縁膜1は、例えばSiO₂系の酸化膜等が採用可能である。層間絶縁膜1は、底部絶縁膜2と接する側に溝6を有し、この溝6にバリアメタル8を介して配線コア部10が埋め込まれている。配線コア部10は、バリアメタル8の上に約50～100nmに堆積されたCuシード膜（図示せず）を介して配置されている。バリアメタル8の膜厚は20nm～70nm程度であり、窒化チタン（TiN）、タンタル（Ta）、窒化タンタル（Ta₃N₅）、窒化タングステン（W₃N₄）等が使用可能である。なお、バリアメタル8は、薄く堆積するほど配線抵抗を低減できるので、膜厚20nm～50nmが好ましい。更に好ましくは、バリアメタル8は膜厚20nm～40nmが良い。

【0013】

底部絶縁膜2は、膜厚10nm～200nm程度のシリコン窒化膜（Si₃N₄膜）等が採用できる。底部絶縁膜2として用いられるSi₃N₄膜は一般的に比誘電率が7程度と高く、配線全体の誘電率を増加させるので、膜厚10nm～100nm程度に薄く堆積するのが好ましい。更に好ましくは、底部絶縁膜2は膜厚10nm～50nmが良い。

【0014】

第1側壁絶縁膜3a及び第2側壁絶縁膜3bは、互いに対向し堤防状に底部絶縁膜2の外周に沿ってそれぞれ長さ方向に腹部の膜厚L₃が80nm～150nm程度で伸延するストライプである。第1側壁絶縁膜3a及び第2側壁絶縁膜3bは、図1に示すように、それぞれ幅L₃よりも高さHの方が大きく、そのアスペクト比は1.2～2程度である。ここで「高さH」とは、膜の堆積方向に沿って測った長さを指す。また、「幅L₃」とは、「高さH」の方向に対して垂直、且つストライプの長さ方向（図1の紙面に垂直方向）に対して垂直な方向の長さを指す。そして、第1側壁絶縁膜3aと第2側壁絶縁膜3bとの間が、長さ方向に伸延するマクロ空洞部5となっている。マクロ空洞部5は、図1に示すように、長さ方向に垂直な断面が略四角形状を有している。「略四角形状」とは、マクロ空洞部5の図1に示す4つの角A、B、C、Dがそれぞれ鋭角となるように、

第1及び第2側壁絶縁膜3a, 3bと底部絶縁膜2との接触部分、及び第1側及び第2側壁絶縁膜3a, 3bと上部絶縁膜4との接点部分を、第1側及び第2側壁絶縁膜3a, 3b側に浸食した形状を指している。このため、第1及び第2側壁絶縁膜3a, 3bは、底部絶縁膜2と接触部分する底部の幅L1、及び上部絶縁膜4と接触する頭部の幅L2のそれぞれが、接触部分から離間した腹部の幅L3に比べて狭くなっている。図1に示す絶縁構造体においては、底部の幅L1が45nm程度、頭部の幅L2が65nm程度、腹部の幅L3が50nm程度である。好ましくは、底部の幅L1は45～65nm程度、頭部の幅L2は50～90nm程度、腹部の幅L3は45～60nm程度が良い。なお、第1及び第2側壁絶縁膜3a, 3bは、膜の化学的組成が底部絶縁膜2の上に堆積した直後の多孔質絶縁膜に比べて変化し、硬化した多孔質絶縁膜の改質層である。第1及び第2側壁絶縁膜3a, 3bは、底部絶縁膜2の上に堆積した直後の多孔質絶縁膜に比べて比誘電率が高くなっている。

【0015】

上部絶縁膜4は、第1及び第2側壁絶縁膜3a, 3bに比べて比誘電率が高い緻密質の絶縁膜である。図1においては、上部絶縁膜4は膜厚100nm～250nm程度のSiO系、有機系の絶縁膜等が用いられている。上部絶縁膜4は、膜厚10～100nm程度、或いは膜厚10～50nm程度に薄く堆積されるのが好ましい。上部絶縁膜4を構成する第1副梁部4a及び第2副梁部4bは、第1側壁絶縁膜3a及び第2側壁絶縁膜3bの上にそれぞれ形成されたストライプである。第1副梁部4aと第2副梁部4bとの間には、長さ方向に伸延する主梁部4cが配置されている。この主梁部4cは、マクロ空洞部5の上に渡って配置されており、マクロ空洞部5の上部を封止している。第1副梁部4a、第2副梁部4b、及び主梁部4cは、第1及び第2側壁絶縁膜3a, 3bと同様に、幅よりも高さの方が大きい。例えば、第1副梁部4a及び第2副梁部4bの幅に対する高さのアスペクト比はそれぞれ4～6程度である。また、主梁部4cの幅に対する高さのアスペクト比は、1.2～2.5程度である。なお、第1副梁部4a及び第2副梁部4bは、膜の化学的組成が変化して硬化した改質層である。第1副梁部4a及び第2副梁部4bの幅L4は、第1側壁絶縁膜3a及び第2側壁絶

縁膜 3 b の幅 $L_1 \sim L_3$ に比べて薄くなっている。図 1 においては、第 1 副梁部 4 a 及び第 2 副梁部 4 b は、20 nm 程度の幅 L_4 を有して形成されている。好ましくは、第 1 副梁部 4 a 及び第 2 副梁部 4 b の幅 L_4 は、20 ~ 45 nm 程度に形成されるのが良い。一方、主梁部 4 c の幅は、100 nm ~ 160 nm 程度である。

【0016】

図 2 に示すように、第 1 副梁部 4 a、第 2 副梁部 4 b、及び主梁部 4 c から構成される上部絶縁膜 4 の両側面には、第 1 及び第 2 バリアメタル 11 a、11 b を介して第 1 及び第 2 配線コア部 14 a、14 c がそれぞれ長さ方向（紙面に向かって上下方向）に沿って配置されている。図 2 の点線で示すように、長さ方向に伸延する主梁部 4 b の下に沿ってマクロ空洞部 5 が平行に伸延している。

【0017】

図 1 に示す絶縁構造体においては、第 1 側壁絶縁膜 3 a と第 2 側壁絶縁膜 3 b との間に形成されるマクロ空洞部 5 の比誘電率は空気の非誘電率、すなわち 1 程度となる。このため、図 1 に示す絶縁構造体は、マクロ空洞部 5 を有さない多孔質絶縁膜を用いた場合に比べて実効比誘電率を低くでき、装置全体の配線間の電気容量を低減することができる。また、マクロ空洞部 5 の周囲に配置された第 1 及び第 2 側壁絶縁膜 3 a、3 b は、絶縁膜を構成する原子の結合が変化し、硬化した改質層であるので、底部絶縁膜 2 の上に堆積した直後の多孔質絶縁膜に比べて膜の機械的強度が高い。このため、第 1 及び第 2 側壁絶縁膜 3 a、3 b は、底部絶縁膜 2 と上部絶縁膜 4 との間を支えるための「側壁」として機能させることができ、CMP 等の半導体装置製造工程における多孔質絶縁膜の破損を生じにくくすることが可能である。

【0018】

次に、本発明の第 1 の実施の形態に係る絶縁構造体を用いた半導体装置の製造方法を説明する。なお、以下に述べる半導体装置の製造方法は一例であり、この変形例を含めて、これ以外の種々の製造方法により実現可能であることは勿論である。

【0019】

(イ) 先ず、図3 (a) に示すように、膜厚50nm～150nmの SiO_2 膜からなる層間絶縁膜1を基板（図示せず）上に形成する。層間絶縁膜1としては、 SiO_2 膜の他にPSG膜、BPSG膜、 Si_3N_4 膜、あるいはポリイミド膜等を使用しても良い。そして、層間絶縁膜1の表面にフォトレジスト膜をスピン塗布し、フォトリソグラフィ技術を用いてパターンニングする。引き続き反応性イオンエッチング（RIE）等で、このパターンニングされたフォトレジスト膜をエッチングマスクとして層間絶縁膜1の一部を選択的に除去して溝6を形成する。次に、プラズマCVD法等により溝6の表面にバリアメタル8を膜厚30nm～50nm程度堆積する。バリアメタル8の膜厚は、後述する配線コア部10の金属の拡散を抑制できる程度の膜厚であれば、特に限定されない。なお、図3 (a) においては、バリアメタル8としてTa、あるいはTaと窒素（N）とを含む材料を使用した。バリアメタル8の材料がCu等の配線を構成する金属に対して十分なバリア性を確保できるものであれば、特に限定されない。次に、バリアメタル8の上に、例えば、図示を省略したCuシード層をスパッタ法により堆積する。さらに、Cuシード層の上にCu等の配線コア部10をメッキ法により堆積する。さらに、CMP法等により配線コア部10、バリアメタル8、及び層間絶縁膜1の表面を平坦化する。そして、平坦化した層間絶縁膜1の表面に、底部絶縁膜2をCVD法等により全面に堆積する。

【0020】

(ロ) 次に、図3 (b) に示すように、底部絶縁膜2の上に多孔質絶縁膜3をCVD法等により膜厚10nm～250nm程度堆積する。多孔質絶縁膜3としては、 SiO_2 系の多孔質構造を有する低誘電率の層間膜で、比誘電率が3程度のものが使用される。次に、多孔質絶縁膜3の上に、多孔質絶縁膜3より高い比誘電率を有する低誘電率絶縁膜4を膜厚10nm～250nmに堆積する。低誘電率絶縁膜4には、 SiO 系、有機系の緻密質の絶縁膜が用いられる。そして、低誘電率絶縁膜4の上にフォトレジスト膜12を塗布し、図3 (c) に示すように、フォトリソグラフィ技術を用いてフォトレジスト膜12をパターンニングする。パターンニングされたフォトレジスト膜12をエッチングマスクとして、フッ素ガス等を用いたRIEを行う。この結果、図3 (d) に示すように、多孔質絶縁

膜 3 及び低誘電率絶縁膜 4 の一部が除去され、溝部 16 a, 16 b が形成される。層間絶縁膜 1 上に残存した多孔質絶縁膜 3 及び低誘電率絶縁膜 4 の表面は、R I E で使用されたフッ素ガス等の浸食により膜の化学的組成が変化し、硬化する。例えば、図 3 (b) に示す多孔質絶縁膜 3 に、有機物 (メチル基) を含む S i O₂ 系の絶縁膜を使用した場合は、図 3 (d) に示す第 1 側壁絶縁膜 3 a、及び第 2 側壁絶縁膜 3 b の S i - C H₃ 結合が、S i - O H 結合、あるいは S i - O 結合に置換される。この結果、多孔質絶縁膜 3 の側壁部には第 1 側壁絶縁膜 3 a 及び第 2 側壁絶縁膜 3 b が、形成され、中央部には多孔質絶縁膜 3 が低圧ガスの吸着層 3 c として残る。さらに、低誘電率絶縁膜 4 の側壁部には第 1 副梁部 4 a 及び第 2 副梁部 4 b がそれぞれ形成される。また、図 3 (d) に示すように、層間絶縁膜 1、底部絶縁膜 2、多孔質絶縁膜 3、及び低誘電率絶縁膜 4 の上には、エッチングによる残さ (副反応生成物) 13 が残る。その後、アッシングを行うことにより、図 4 (a) に示すように、残さ 13 の大部分を除去する。なお、このアッシング工程により、R I E で用いられたフッ素ガスは、更に第 1 側壁絶縁膜 3 a 及び第 2 側壁絶縁膜 3 b の表面から内側に形成された低圧ガス吸着層 3 c 中の

0.01 nm ~ 0.1 nm のミクロな細孔の中へと浸透する。一方、低誘電率絶縁膜 4 は、ミクロな細孔を有さないので、低圧ガスの浸透速度は多孔質絶縁膜 3 に比べて遅い。このため、第 1 副梁部 4 a 及び第 2 副梁部 4 b の層の幅は、第 1 側壁絶縁膜 3 a 及び第 2 側壁絶縁膜 3 b の幅に比べて薄くなる。

【0021】

(ハ) 次に、層間絶縁膜 1、多孔質絶縁膜 3、及び低誘電率絶縁膜 4 の上に残った微量の残さ (副反応生成物) 13 a を、薬液を用いてエッチングし、除去する。薬液には、フッ化水素酸 (希 H F)、バッファードフッ酸 (B H F) 等のフッ酸系、あるいは有機フッ酸系の薬液が用いられる。そして、図 4 (a) に示す絶縁構造体を大気圧、25℃程度で 45% 以上の湿度の雰囲気中に 60 分 ~ 600 分程度置く。好ましくは、図 4 (a) に示す絶縁構造体を大気圧、25℃程度で 45% ~ 60% の湿度の雰囲気中に置くのが良い。この結果、多孔質絶縁膜からなる低圧ガス吸着層 3 c は、大気中の水蒸気を含んで吸湿する。低圧ガス吸着

層 3 c には、ミクロな細孔にフッ素ガスが浸透しているため、大気中の水分と反応し、エッチングが進む。この結果、図 4 (b) に示すように、第 1 側壁絶縁膜 3 a と第 2 側壁絶縁膜 3 b の間に、断面が略四角形のマクロ空洞部 5 が形成される。

【0022】

(二) 次に、図 4 (b) に示す絶縁構造体を、 H_2 雰囲気、 $250 \sim 350^\circ C$ で $20 \sim 30$ 秒アニール処理する。アニール処理することにより、多孔質絶縁膜 3 及び低誘電率絶縁膜 4 中に残留する水分が加熱され、蒸発する。そして、図 4 (c) に示すように、層間絶縁膜 1、第 1 側壁絶縁膜 3 a、第 2 側壁絶縁膜 3 b、第 1 副梁部 4 a、第 2 副梁部 4 b、及び主梁部 4 c の表面に、プラズマ CVD 法等によりバリアメタル 11 を膜厚 $30 \text{ nm} \sim 50 \text{ nm}$ に堆積する。そして、バリアメタル 11 の上に、図示を省略した Cu シード層をスパッタ法により $50 \sim 100 \text{ nm}$ 堆積し、Cu シード層の上に第 1 配線コア部 14 a、第 2 配線コア部 14 b をメッキ法により堆積する。その後、CMP 法等により第 1 及び第 2 配線コア部 14 a、14 b、バリアメタル 11 の一部を除去して平坦化する。

【0023】

以上の工程により、図 1 に示す絶縁構造体を用いた半導体装置が製造可能となる。第 1 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法によれば、RIE 工程等で使用されたフッ素ガス、あるいは薬液によるエッチングで使用したフッ酸系、有機フッ酸系の薬液等が大気中の水分と反応し、多孔質絶縁膜 3 中にマクロ空洞部 5 を形成する。マクロ空洞部 5 の比誘電率は 1 程度となるので、図 1 に示す絶縁構造体全体の比誘電率を低く抑えることができる。また、図 1 に示す絶縁構造体は、多孔質絶縁膜 3 及び低誘電率絶縁膜 4 を一定条件の雰囲気中において吸湿させ、その後一定条件でアニール処理することにより、マクロ空洞部 5 を一定の大きさに制御することができる。したがって、図 1 に示す絶縁構造体の製造方法によれば、マクロ空洞部 5 が形成された多孔質絶縁膜 3 の比誘電率、配線容量を一定に制御することができる。さらに、第 1 側壁絶縁膜 3 a、第 2 側壁絶縁膜 3 b 及び第 1 副梁部 4 a、第 2 副梁部 4 b は、RIE 加工時におけるフッ素ガスとの接触により膜の化学的組成が変化し、硬化する。したがって、第 1 側壁絶縁膜 3 a

、第2側壁絶縁膜3b及び第1副梁部4a、第2副梁部4bの周囲に第1及び第2配線コア部14a、14bを埋め込んでCMP研磨等を行っても、マクロ空洞部5の外側に配置された第1側壁絶縁膜3a及び第2側壁絶縁膜3bの破壊が生じにくい。

【0024】

(第2の実施の形態)

本発明の第2の実施の形態に係る半導体装置は、図5に示すように、基板20と、基板20の上に配置された第1層間絶縁膜1と、第1層間絶縁膜1の上に配置された底部絶縁膜2a、2bと、底部絶縁膜2a、2bの上にそれぞれ配置され、内側に長さ方向に伸延するマクロ空洞部5a、5bを挟んで互いに対向した第1及び第2側壁絶縁膜3a、3b、3d、3eと、第1及び第2側壁絶縁膜3a、3b、3d、3eの上に配置された上部絶縁膜4A、4Bとを備える。図5においては、底部絶縁膜2a、2b、第1及び第2側壁絶縁膜3a、3b、3d、3e、マクロ空洞部5a、5b、及び上部絶縁膜4A、4Bで図1に示す絶縁構造体を構成している。上部絶縁膜4A、4Bの上には、第2層間絶縁膜43が配置されている。第1層間絶縁膜1の上部及びブリッジ構造体を構成する底部絶縁膜2a、2b、第1及び第2側壁絶縁膜3a、3b、3c、3d、上部絶縁膜4A、4Bを構成する第1及び第2副梁部4a、4b、4c、4eの側壁部には、バリアメタル11a、11b、11cが形成されている。このバリアメタル11a、11b、11cを介して、第1、第2、第3配線コア部14a、14b、14cがそれぞれブリッジ構造体を挟むように配置されている。図5においては、第1配線コア部14aは、第1層間絶縁膜1の溝6に埋め込まれた配線コア部10と第2層間絶縁膜43の溝7に埋め込まれた配線コア部42とに接続されて、多層配線を構成している。

【0025】

第1層間絶縁膜1は、基板20の上に堆積された第1絶縁膜21、第1絶縁膜21の上に堆積された低誘電率絶縁膜22、及び低誘電率絶縁膜22の上に堆積された第2絶縁膜23を有する。第1絶縁膜21、低誘電率絶縁膜22、及び第

2 絶縁膜 23 には、 SiO_2 系の膜等が使用される。そして、第1 絶縁膜 21 及び低誘電率絶縁膜 22 を貫通するように溝 6 が配置され、この溝 6 に配線コア部 10 がバリアメタル 8 を介して埋め込まれている。バリアメタル 8 は、 TiN 、 Ta 、 TaN 、 WN 等が膜厚 20 nm～70 nm に堆積されている。配線コア部 10 には、 Cu 等が用いられ、バリアメタル 8 の上に 50～100 nm 程度堆積された Cu シード膜（図示せず）を介して埋め込まれている。

【0026】

第2 絶縁膜 23 の上に配置された底部絶縁膜 2a, 2b は、第2 絶縁膜 23 の上にそれぞれ離間して配置されている。底部絶縁膜 2a, 2b は、例えば膜厚 50 nm～100 nm 程度の Si_3N_4 膜等が利用可能である。

【0027】

第1 側壁側壁絶縁膜 3a 及び第2 側壁絶縁膜 3b は、堤防状に互いに対向し、底部絶縁膜 2a の外周に沿ってそれぞれ長さ方向に伸延するストライプである。底部絶縁膜 2b の上には、堤防状に形成された第1 側壁側壁絶縁膜 3d 及び第2 側壁絶縁膜 3e がそれぞれ堤防状にストライプ形状を有して配置されている。第1 側壁絶縁膜 3a, 3d 及び第2 側壁絶縁膜 3b, 3e は、幅 L_3 よりも高さ H の方が大きく、そのアスペクト比はそれぞれ 1.2～2 程度である。そして、第1 側壁絶縁膜 3a と第2 側壁絶縁膜 3b との間がマクロ空洞部 5a、第1 側壁絶縁膜 3d と第2 側壁絶縁膜 3e との間がマクロ空洞部 5b となっている。マクロ空洞部 5a, 5b は、図5に示すように、伸延する長さ方向に垂直な断面が略四角形状を有している。第1 側壁絶縁膜 3a, 3d 及び第2 側壁絶縁膜 3b, 3e は、図5に示す底部絶縁膜 2 と接触部分する底部の幅 L_1 及び上部絶縁膜 4 と接触する頭部の幅 L_2 が、接触部分の幅 L_1 , L_2 から離間した腹部の幅 L_3 に比べて 10～30 nm 狭くなっている。図5に示す絶縁構造体においては、底部の幅 L_1 は 45～65 nm 程度、頭部の幅 L_2 は 50～90 nm 程度、腹部の幅 L_3 は 45～60 nm 程度が好ましい。また、第1 側壁絶縁膜 3a, 3d 及び第2 側壁絶縁膜 3b, 3e は、膜の化学的組成が変化し、硬化した多孔質絶縁膜の改質層である。第1 側壁絶縁膜 3a, 3d 及び第2 側壁絶縁膜 3b, 3e は、底部絶縁膜 2a, 2b の上に堆積した直後の多孔質絶縁膜に比べて比誘電率が高い。

【0028】

上部絶縁膜 4 A, 4 B は、膜厚 10 nm ~ 250 nm 程度の SiO 系、有機系の絶縁膜が用いられる。上部絶縁膜 4 A, 4 B は、薄く堆積するほど配線抵抗を低減できるので、膜厚 10 nm ~ 100 nm 程度が好ましい。上部絶縁膜 4 A は、第 1 副梁部 4 a、第 2 副梁部 4 b、及び主梁部 4 c からなる。上部絶縁膜 4 B は、第 1 副梁部 4 d、第 2 副梁部 4 e、及び主梁部 4 f からなる。絶縁膜 4 A を構成する第 1 副梁部 4 a 及び第 2 副梁部 4 b は、第 1 側壁絶縁膜 3 a 及び第 2 側壁絶縁膜 3 b の上にそれぞれ対向して配置されている。そして第 1 副梁部 4 a 及び第 2 副梁部 4 b が主梁部 4 c となっている。主梁部 4 c は、マクロ空洞部 5 a の上部を封止するように、第 1 側壁絶縁膜 3 a と第 2 側壁絶縁膜 3 b とに渡って配置されている。絶縁膜 4 B を構成する第 1 副梁部 4 d 及び第 2 副梁部 4 e は、第 1 側壁絶縁膜 3 d 及び第 2 側壁絶縁膜 3 e の上にそれぞれ対向して配置されている。そして第 1 副梁部 4 d 及び第 2 副梁部 4 e の間が長さ方向に伸延する主梁部 4 f となっている。主梁部 4 f は、マクロ空洞部 5 b を封止するように、第 1 側壁絶縁膜 3 d と第 2 側壁絶縁膜 3 e とに渡って配置されている。第 1 副梁部 4 a, 4 d、第 2 副梁部 4 b, 4 e、及び主梁部 4 c, 4 f は、幅よりも高さの方が大きい。例えば、第 1 副梁部 4 a, 4 d 及び第 2 副梁部 4 b, 4 e の幅に対する高さのアスペクト比は 4 ~ 6 程度である。主梁部 4 c, 4 f の幅に対する高さのアスペクト比は、1.2 ~ 2.5 程度である。また、第 1 副梁部 4 a, 4 d 及び第 2 副梁部 4 b, 4 e は、膜の化学的組成が変化し、硬化した改質層である。第 1 副梁部 4 a, 4 d、第 2 副梁部 4 b, 4 e は、第 1 副梁部 4 a, 4 d、第 2 副梁部 4 b, 4 e を形成する前の低誘電率絶縁膜に比べて比誘電率が高い。さらに、第 1 副梁部 4 a, 4 d 及び第 2 副梁部 4 b, 4 e の幅 L 4 は、第 1 側壁絶縁膜 3 a, 3 d 及び第 2 側壁絶縁膜 3 b, 3 e の幅 L 1 ~ L 3 に比べて狭くなっている。図 5 においては、第 1 副梁部 4 a, 4 d 及び第 2 副梁部 4 b, 4 e の幅 L 4 は、20 ~ 45 nm 程度に形成されている。一方、主梁部 4 c, 4 f は、膜の原子結合が改質されていない低誘電率絶縁膜である。主梁部 4 c, 4 f の幅は、100 nm ~ 160 nm 程度が好ましい。

【0029】

第2層間絶縁膜43は、エッチングストップ膜35、エッチングストップ膜35の上に配置された絶縁膜36、絶縁膜36の上に配置された低誘電率絶縁膜37を有する。エッチングストップ膜35には、膜厚50nm~100nm程度の Si_3N_4 膜が利用可能である。絶縁膜36及び低誘電率絶縁膜37には、 SiO_2 系の膜が使用可能である。そして、エッチングストップ膜35、絶縁膜36及び低誘電率絶縁膜37を貫通して溝7が配置され、この溝7にバリアメタル39を介して配線コア部42が配置されている。配線コア部42は、ブリッジ構造体となる底部絶縁膜2a、2b、第1側壁絶縁膜3a、第1副梁部4a、第2側壁絶縁膜3e、及び第2副梁部4eの側壁部にバリアメタル11aを介して配置された第1配線コア部14aに接続されている。

【0030】

図5に示す半導体装置によれば、第1側壁絶縁膜3aと第2側壁絶縁膜3bとの間、若しくは第1側壁絶縁膜3dと第2側壁絶縁膜3eとの間に、それぞれ略四角形状のマクロ空洞部5a、5bが形成される。マクロ空洞部5a、5bの比誘電率は、空気の比誘電率すなわち1程度となるため、マクロ空洞部5a、5bを有さない多孔質絶縁膜を用いた場合に比べて実効比誘電率を低くでき、装置全体の配線間の電気容量を低減することができる。さらに、マクロ空洞部5a、5bの周囲に堤防状に配置された第1側壁絶縁膜3a、3d及び第2側壁絶縁膜3b、3eは、膜の化学的組成が変化し硬化しているので、機械的強度が高い。第1側壁絶縁膜3a、3d及び第2側壁絶縁膜3b、3eは、底部絶縁膜2a、2bと上部絶縁膜4との間を支える「側壁」として機能するので、CMP等の半導体装置製造プロセス時の応力による膜の破損を生じにくくすることができる。

【0031】

次に、本発明の第2の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明する。なお、以下に述べる半導体装置の製造方法は一例であり、この変形例を含めて、これ以外の種々の製造方法により実現可能であることは勿論である。

【0032】

(イ) 先ず、図6(a)に示すように、厚さ600 μm ~900 μm のSiからなる基板20を用意する。基板20としては、Siのほか、エポキシ樹脂、ポ

リイミド樹脂、フェノール樹脂、又はセラミックス基板、炭化珪素基板等を使用することも可能である。そして、この基板 20 の上に CVD 法等により SiO_2 膜等からなる第 1 絶縁膜 21 を全面に堆積する。第 1 絶縁膜 21 には、 SiO_2 膜の他に PSG 膜、BPSG 膜、 Si_3N_4 膜、あるいはポリイミド膜等を使用しても良い。

【0033】

(ロ) 次に、図 6 (b) に示すように、第 1 絶縁膜 21 の上に低誘電率絶縁膜 22 及び第 2 絶縁膜 23 を CVD 法等によりそれぞれ堆積する。そして、第 2 絶縁膜 23 の上にフォトリソグラフィ技術を用いてフォトリソグロフ膜 45 を塗布し、図 6 (c) に示すように、フォトリソグラフィ技術を用いてフォトリソグロフ膜 45 をパターニングする。パターニングされたフォトリソグロフ膜 45 をエッチングマスクとして用い、RIE 等により低誘電率絶縁膜 22 及び第 2 絶縁膜 23 の一部を選択的に除去する。そして、図 7 (a) に示すように、膜厚 20 nm ~ 50 nm のバリアメタル 8 をプラズマ CVD 法等により堆積する。

【0034】

(ハ) 次に、バリアメタル 8 の上に、図示を省略した Cu シード層をスパッタ法により 50 ~ 100 nm 堆積し、Cu シード層の上に配線コア部 10 をメッキ法等により堆積する。次に、CMP 法等により第 2 絶縁膜 23 の表面を平坦化した後、図 7 (b) に示すように、CVD 法等により底部絶縁膜 2 を全面に膜厚 10 nm ~ 100 nm 程度に堆積する。そして、図 7 (c) に示すように、底部絶縁膜 2 の上に多孔質絶縁膜 3 を CVD 法等により膜厚 50 nm ~ 150 nm に堆積する。さらに、多孔質絶縁膜 3 の上に、多孔質絶縁膜 3 より高い比誘電率の低誘電率絶縁膜 4 を CVD 法等により膜厚 10 nm ~ 100 nm に堆積する。

【0035】

(ニ) 次に、低誘電率絶縁膜 4 の上にフォトリソグロフ膜 45 を塗布し、フォトリソグラフィ技術を用いて、図 8 (a) に示すように、フォトリソグロフ膜 45 をパターニングする。パターニングされたフォトリソグロフ膜 45 をエッチングマスクとして、フッ素ガス等を用いた RIE を行い、図 8 (b) に示すように、多孔質絶縁膜 3 及び低誘電率絶縁膜 4 の一部を選択的に除去して、溝部 16 a, 16

b, 16c を形成する。第2絶縁膜23上に残った多孔質絶縁膜3及び第2低誘電率絶縁膜4の側壁部には、RIEで用いられたフッ素ガス等の浸食により変質し、第1側壁絶縁膜3a, 3d、第2側壁絶縁膜3b, 3e、第1副梁部4a, 4d、第2副梁部4b, 4eが形成され、中央部は低圧ガス吸着層3c, 3fとして残る。

【0036】

(ホ) 次に、RIEに加えてアッシングを行うことにより、底部絶縁膜32、多孔質絶縁膜3、及び低誘電率絶縁膜4の周囲の残さ44を除去する。この結果、図8(b)に示す残さ44は除去され、RIEで用いられたフッ素ガスが、第1側壁絶縁膜3aと第2側壁絶縁膜3bとの間の低圧ガス吸着層3c及び第1側壁絶縁膜3dと第2側壁絶縁膜3eとの間の低圧ガス吸着層3fの微細な孔の中へ浸透する。さらに、微量の残さ44を薬液を用いて選択的に除去する。薬液には、希HF、BHF等のフッ酸系、あるいは有機フッ酸系の薬液が用いられる。そして、図8(b)に示す半導体装置を大気圧、25℃程度で50%以上の湿度の雰囲気中に60分～100分程度置く。大気中の水分は、多孔質絶縁膜からなる低圧ガス吸着層3c, 3fへと浸透する。低圧ガス吸着層3c, 3fには、ミクロな細孔にRIE加工時のフッ素ガスが残存しているため、大気中の水分とフッ素とが反応する。この結果、低圧ガス吸着層3c, 3fが除去され、図9(a)に示すような、断面が略四角形を有するマクロ空洞部5a, 5bができる。

【0037】

(ヘ) 次に、図9(a)に示す半導体装置をH₂雰囲気、250～350℃で20～30秒アニール処理する。アニール処理することにより多孔質絶縁膜3及び低誘電率絶縁膜4中に残留する水分は加熱され、蒸発する。そして、図9(b)に示すように、溝部16a, 16b, 16cにプラズマCVD法等によりバリアメタル11を膜厚30nm～50nmに堆積する。そして、バリアメタル11の上に、図示を省略したCuシード層をスパッタ法により50～100nm堆積し、Cuシード層の上に第1, 第2, 第3コア部14a, 14b, 14cをメッキ法等により膜厚50nm～200nmに堆積し、CMP法等により低誘電率絶縁膜4の表面を研磨した後にエッチングストップ膜35を堆積する。

【0038】

(ト) さらに、図10 (b) に示すようにエッチングストップ膜35の全面に絶縁膜36をCVD法等により膜厚50nm～150nmに堆積する。さらに、絶縁膜36の上に低誘電率絶縁膜37を膜厚10nm～100nmに堆積する。そして、低誘電率絶縁膜37の上にフォトレジスト膜45を塗布し、図11 (a) に示すように、フォトリソグラフィ技術を用いてフォトレジスト膜45をパターンニングする。パターンニングされたフォトレジスト膜45をエッチングマスクとして、フッ素ガスを用いたRIEによりエッチングストップ膜35、第3絶縁膜、及び低誘電率絶縁膜37の一部を除去し、溝部7を形成する。引き続き、RIEに加えてアッシング、アニール処理を行い、図11 (b) に示すように、溝6及び低誘電率絶縁膜の上にバリアメタル39をCVD法等により成膜する。バリアメタル39の上に図示を省略したCuシード層を介して、メッキ法により配線コア部42を形成する。配線コア部42及びバリアメタル39をCMPにより研磨し、エッチングストップ膜38を形成する。

【0039】

以上の工程により、図5に示す半導体装置が製造可能となる。第2の実施の形態に係る半導体装置によれば、RIE工程で使用されたフッ素ガス、あるいは薬液によるエッチングで使用したフッ酸系、有機フッ酸系の薬液と、大気中の水分とが反応し、多孔質絶縁膜3中にマクロ空洞部5a、5bを形成する。マクロ空洞部5a、5bの比誘電率は空気の比誘電率、すなわち1程度となるので、マクロ空洞部5a、5bを有さない多孔質絶縁膜に比べて、装置全体の実効比誘電率、配線容量を低く抑えることができる。また、マクロ空洞部5a、5bは、多孔質絶縁膜3及び低誘電率絶縁膜4を一定条件の雰囲気中において吸湿させ、その後一定条件でアニール処理することにより一定形状に制御することができる。このため、図5に示す半導体装置の実効比誘電率を一定値に制御することができる。さらに、第1側壁絶縁膜3a、3d、第2側壁絶縁膜3b、3e、及び第1副梁部4a、4d、第2副梁部4b、4eは、図6～図12に示す半導体装置の製造方法により膜の化学的組成が変化し、硬化する。このため、第1及び第2絶縁膜3a、3b、3d、3eは、底部絶縁膜32と上部絶縁膜4との間を支える「

側壁」として利用できる。したがって、図5に示す半導体装置によれば、CMP研磨等の機械的応力を加えても膜の破壊が生じにくい。

【0040】

上記のように、本発明は第1及び第2の実施の形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。例えば、第1及び第2に示す半導体装置の製造方法においては、多孔質絶縁膜3及び低誘電率絶縁膜4を1～5ppm程度のフッ化水素水溶液に浸して吸湿させ、マクロ空洞部5a, 5bを形成することもできる。また、図5に示した半導体装置の第1及び第2層間絶縁膜1、43の膜の種類等は、適宜変更可能である。このように、本発明はここでは記載していない様々な実施の形態等を包含するということを理解すべきである。したがって、本発明はこの開示から妥当な特許請求の範囲の発明特定事項によってのみ限定されるものである。

【0041】

【発明の効果】

本発明によれば、誘電率が低く、膜強度が高く、配線容量を制御することができる絶縁構造体、この絶縁構造体を用いた半導体装置、及び半導体装置の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態に係る絶縁構造体の一例を示す断面図である。

【図2】 図1に示す絶縁構造体をA方向から見た平面図の一例である。

【図3】 第1の実施の形態に係る絶縁構造体を用いた半導体装置の製造方法を説明する工程断面図（その1）である。

【図4】 第1の実施の形態に係る絶縁構造体を用いた半導体装置の製造方法を説明する工程断面図（その2）である。

【図5】 本発明の第2の実施の形態に係る半導体装置の一例を示す断面図である。

【図6】 第2の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明する工程断面

図（その 1）である。

【図 7】 第 2 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明する工程断面図（その 2）である。

【図 8】 第 2 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明する工程断面図（その 3）である。

【図 9】 第 2 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明する工程断面図（その 4）である。

【図 1 0】 第 2 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明する工程断面図（その 5）である。

【図 1 1】 第 2 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明する工程断面図（その 6）である。

【図 1 2】 第 2 の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を説明する工程断面図（その 7）である。

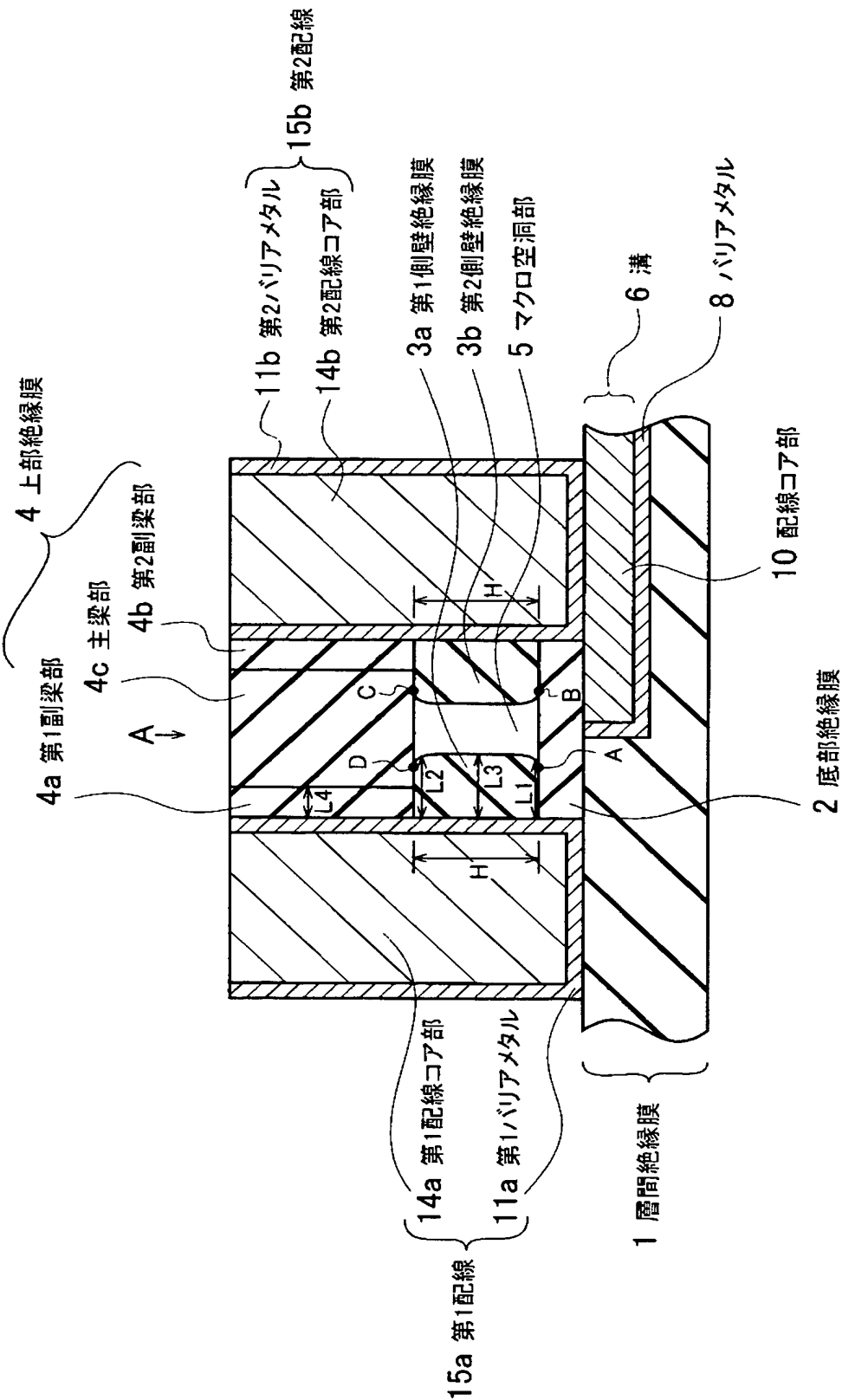
【符号の説明】

- 1…層間絶縁膜（第 1 層間絶縁膜）
- 2, 2 a, 2 b…底部絶縁膜
- 3…多孔質絶縁膜
- 3 a, 3 d…第 1 側壁絶縁膜
- 3 b, 3 e…第 2 側壁絶縁膜
- 3 c, 3 f…低圧ガス吸着層
- 4…上部絶縁膜（低誘電率絶縁膜）
- 4 a, 4 d…第 1 副梁部
- 4 b, 4 e…主梁部
- 4 c, 4 f…第 2 副梁部
- 5, 5 a, 5 b…マクロ空洞部
- 6…溝
- 8…バリアメタル
- 1 0…配線コア部
- 1 1, 1 1 a, 1 1 b, 1 1 c…バリアメタル

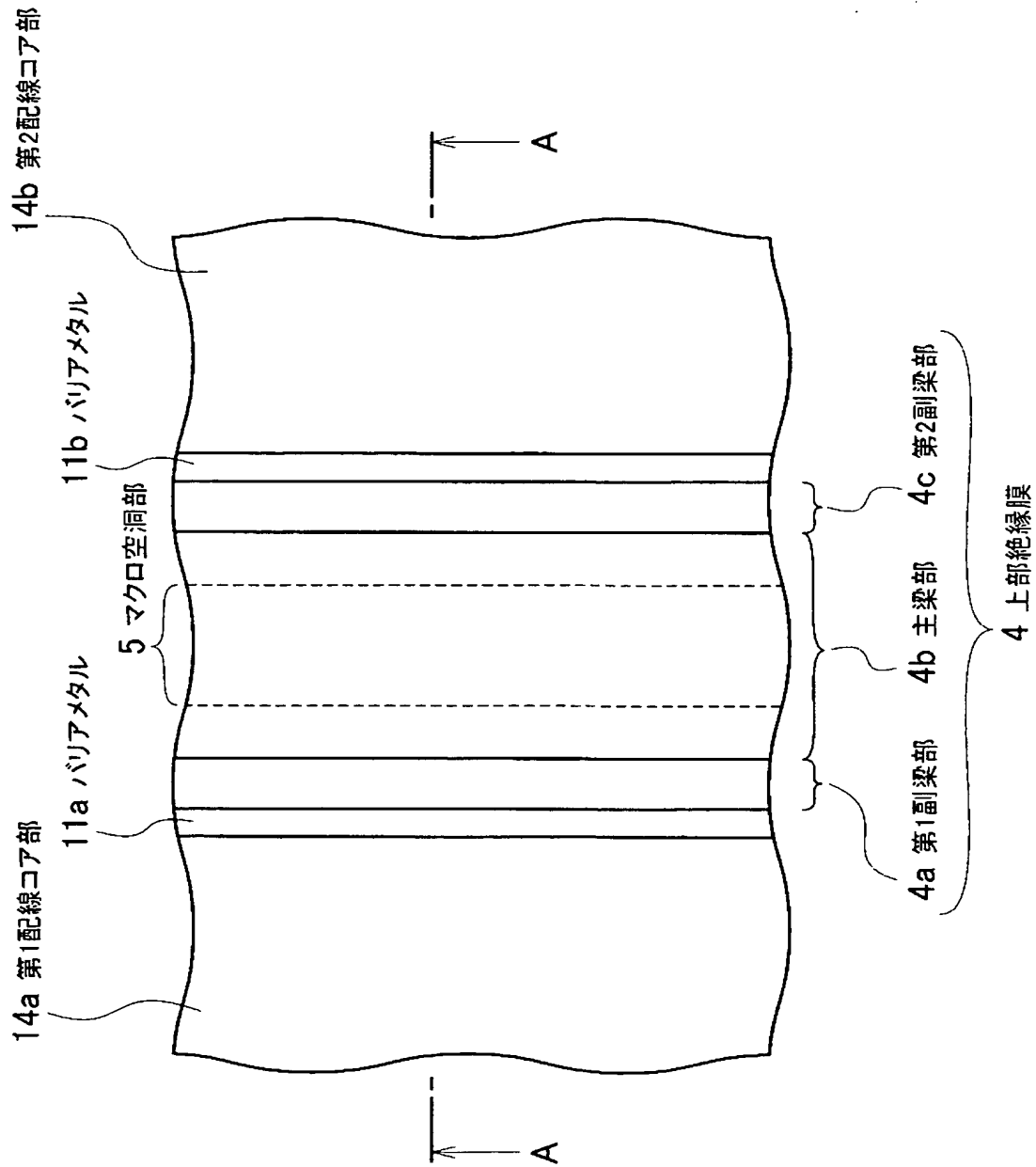
1 2 … フォトレジスト膜
1 4 a … 第 1 配線コア部
1 4 b … 第 2 配線コア部
1 4 c … 第 3 配線コア部
1 6 … 溝
2 0 … 基板
2 1 … 第 1 絶縁膜
2 2 … 低誘電率絶縁膜
2 3 … 第 2 絶縁膜
3 5 … 底部絶縁膜
3 6 … 絶縁膜
3 7 … 低誘電率絶縁膜
3 8 … 底部絶縁膜
3 9 … バリアメタル
4 0 … 配線コア部
4 2 … 配線コア部
4 3 … 第 2 層間絶縁膜
4 4 … 残さ
4 5 … フォトレジスト膜

【書類名】 図面

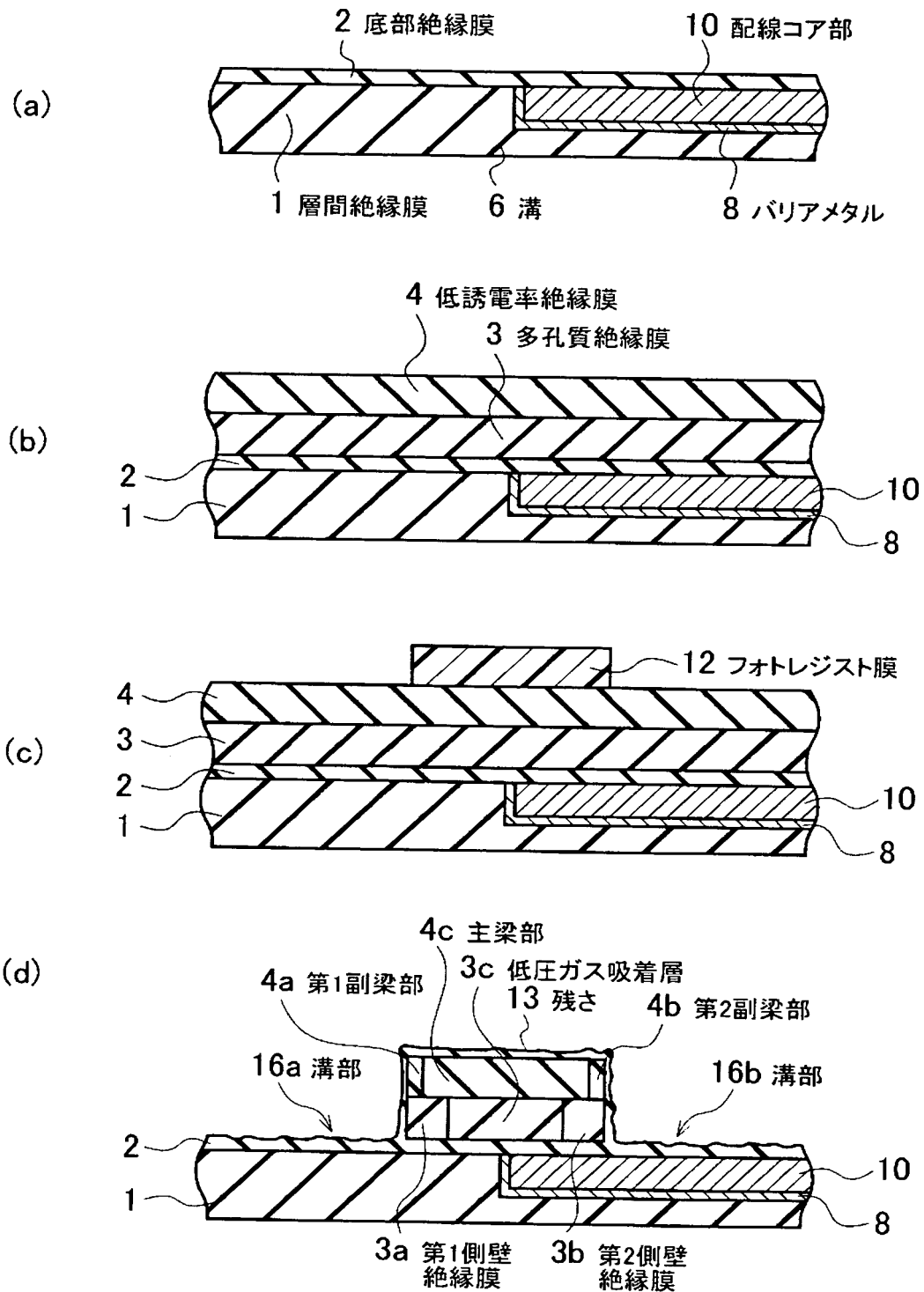
【図 1】



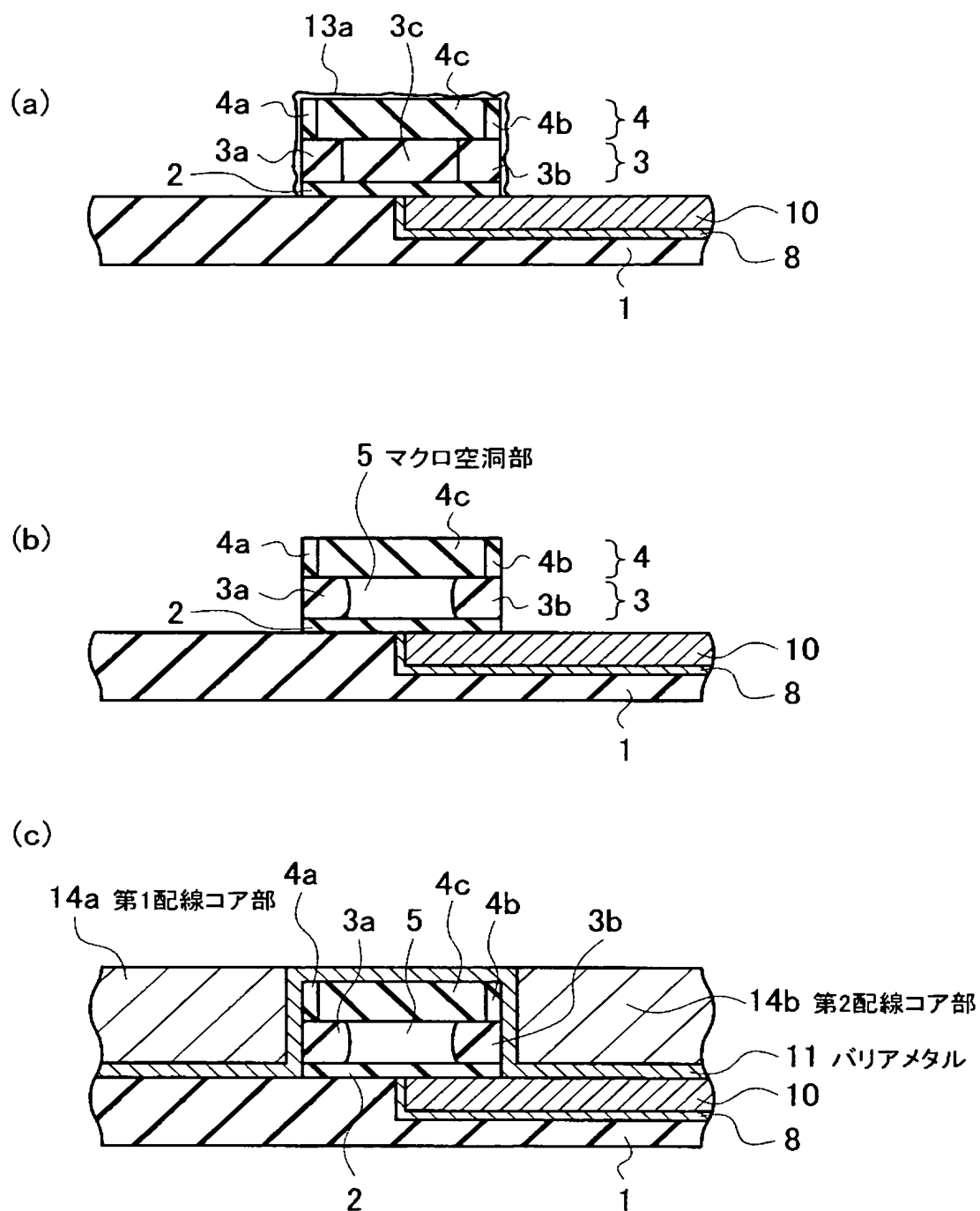
【図 2】



【図3】

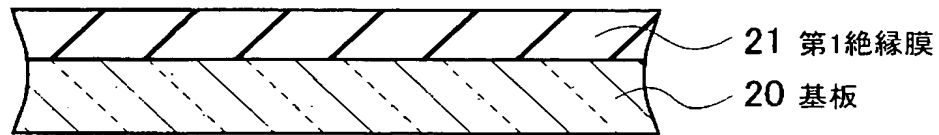


【図 4】

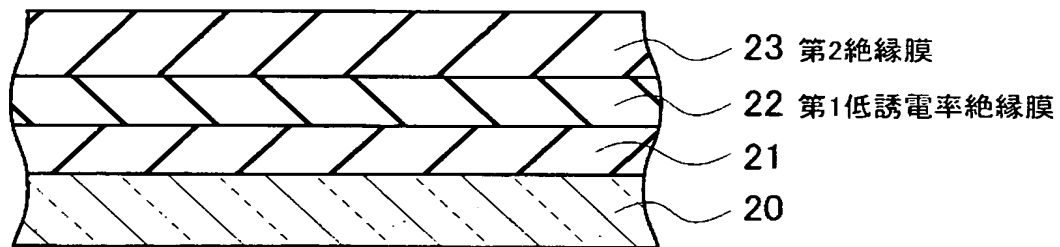


【図 6】

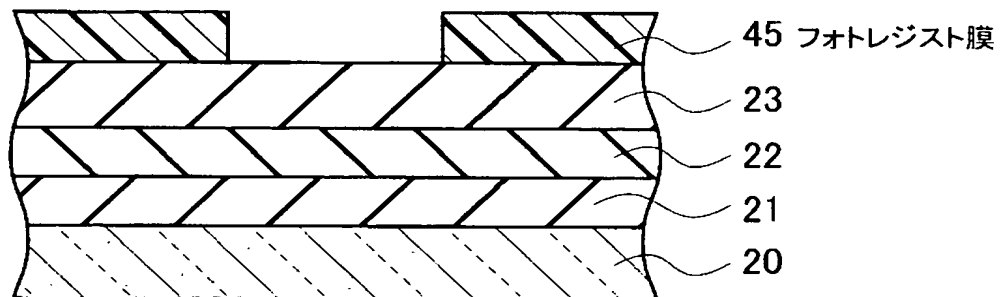
(a)



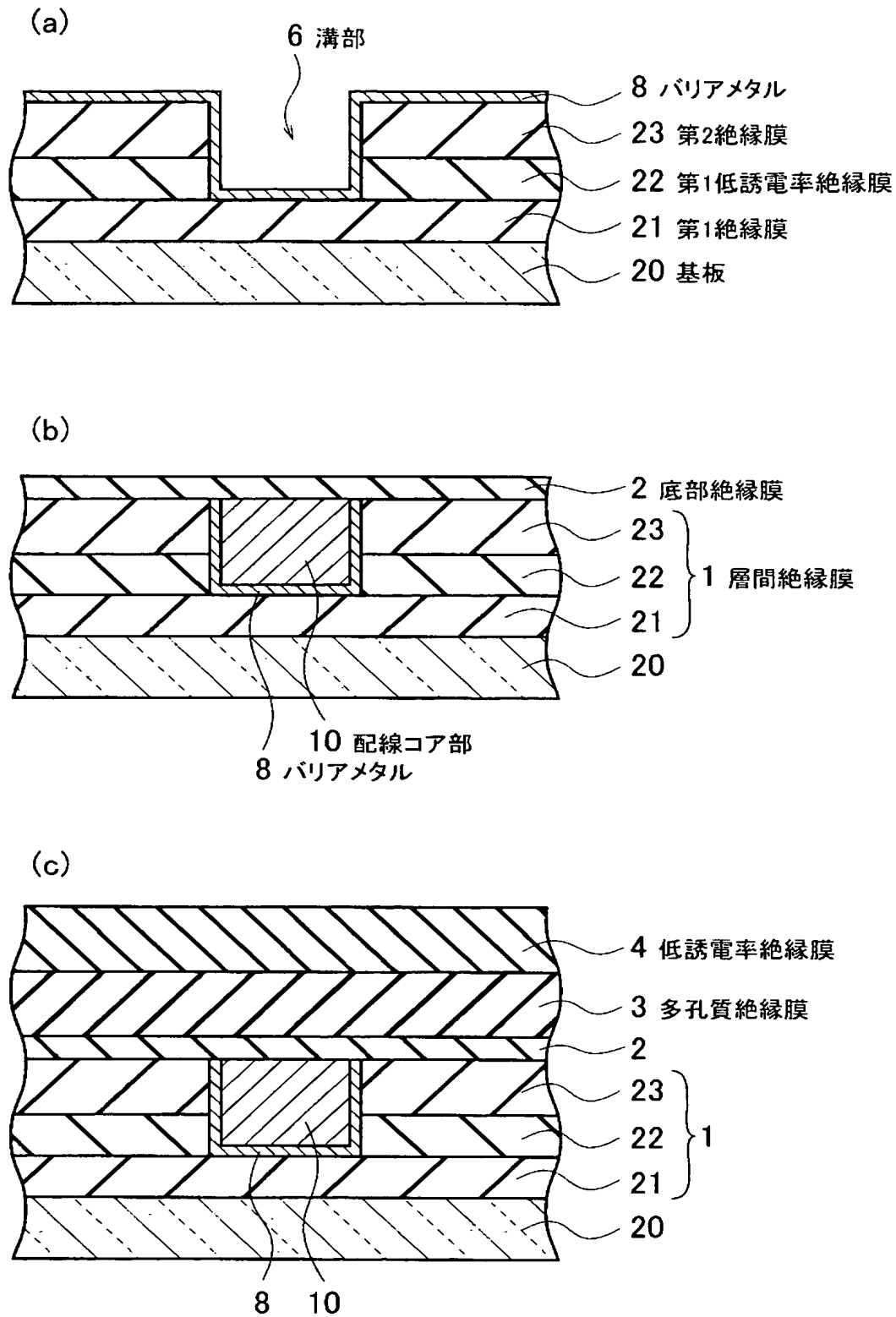
(b)



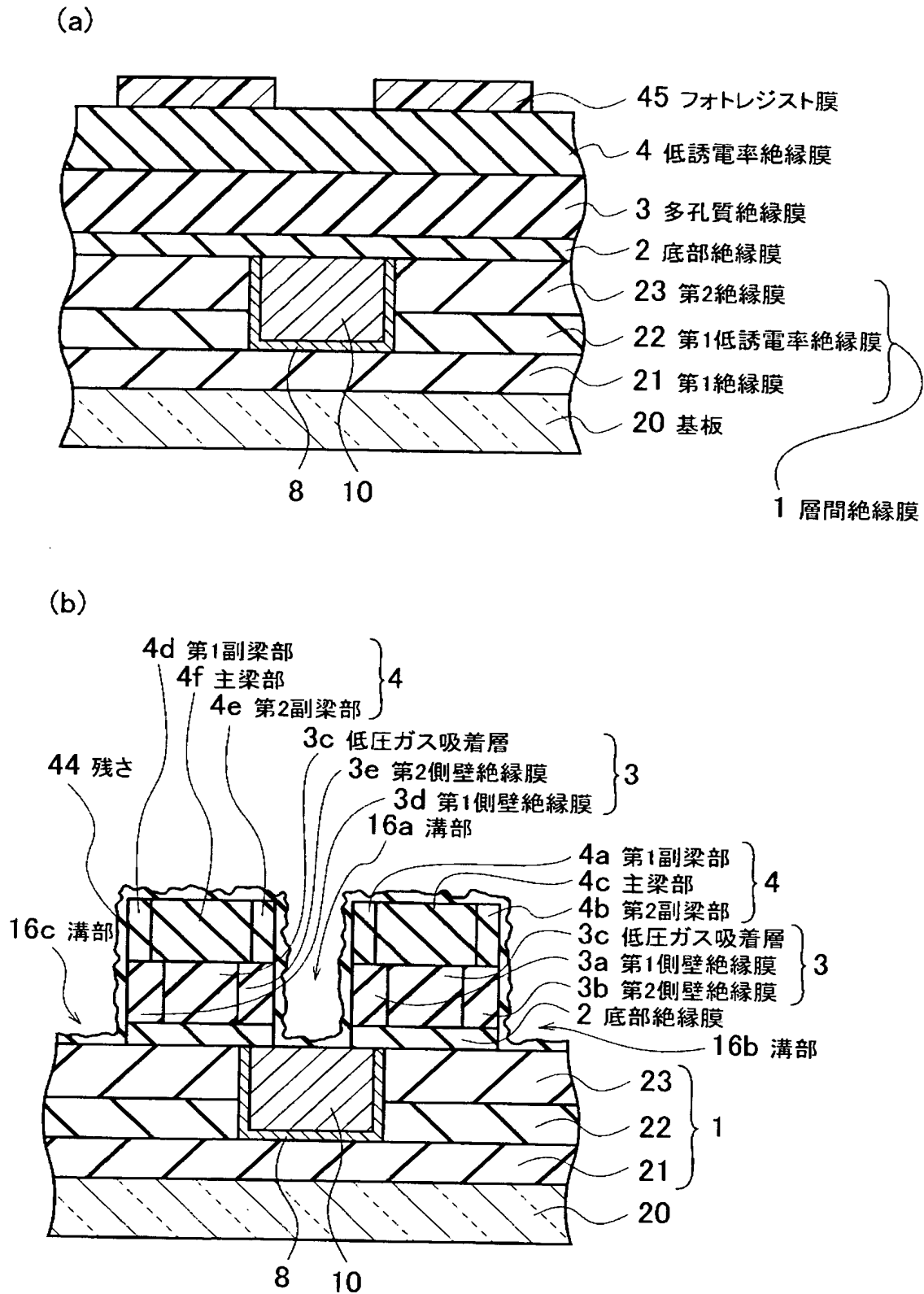
(c)



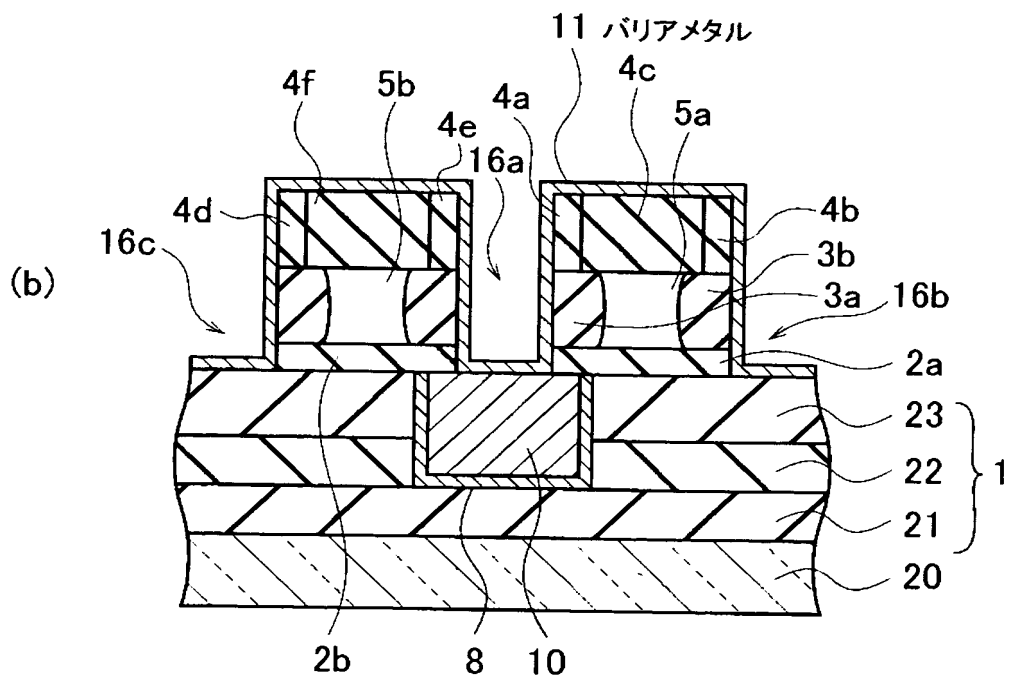
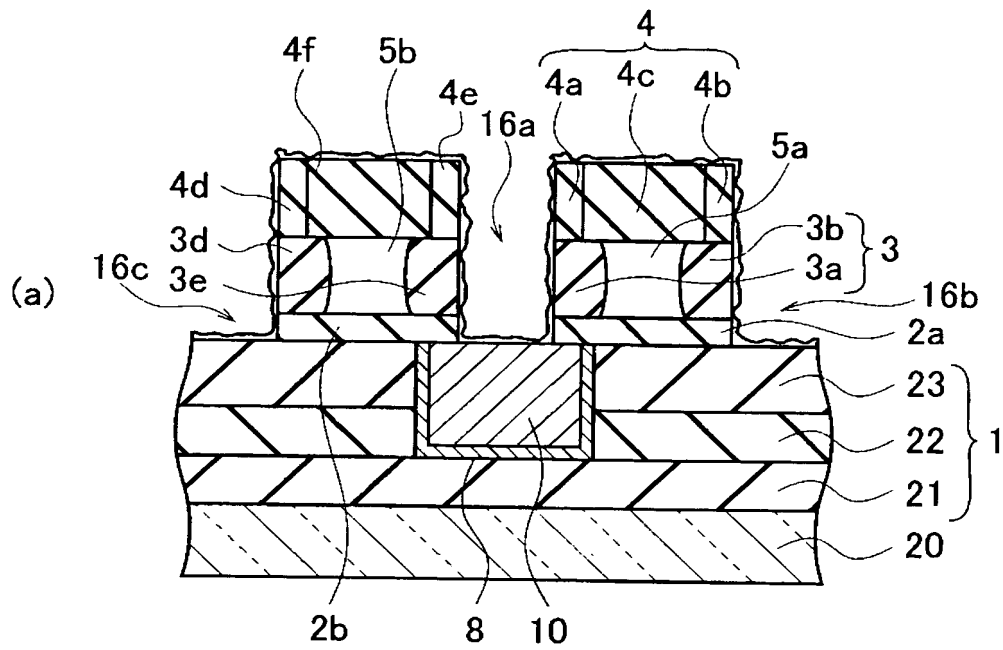
【図 7】



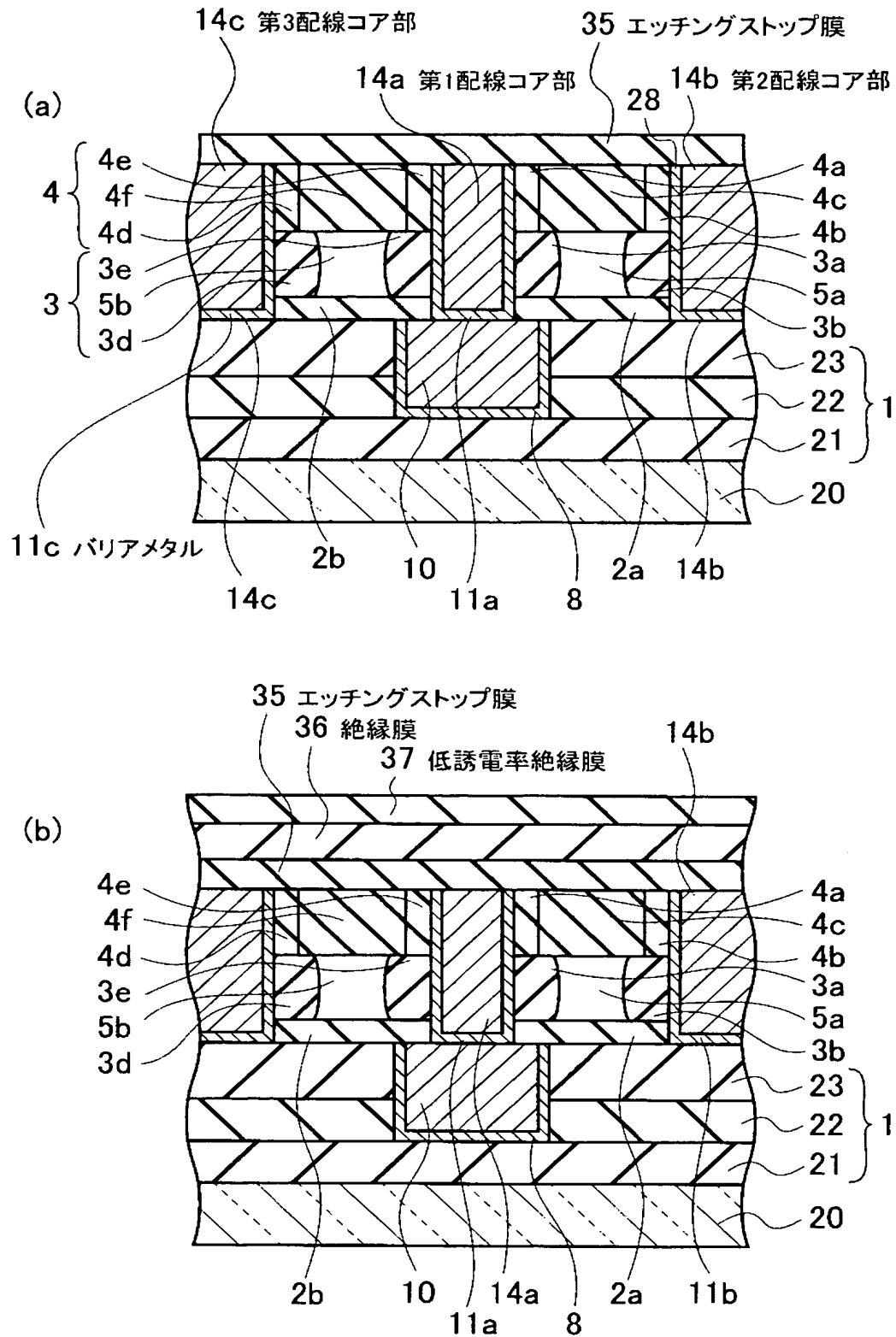
【図8】



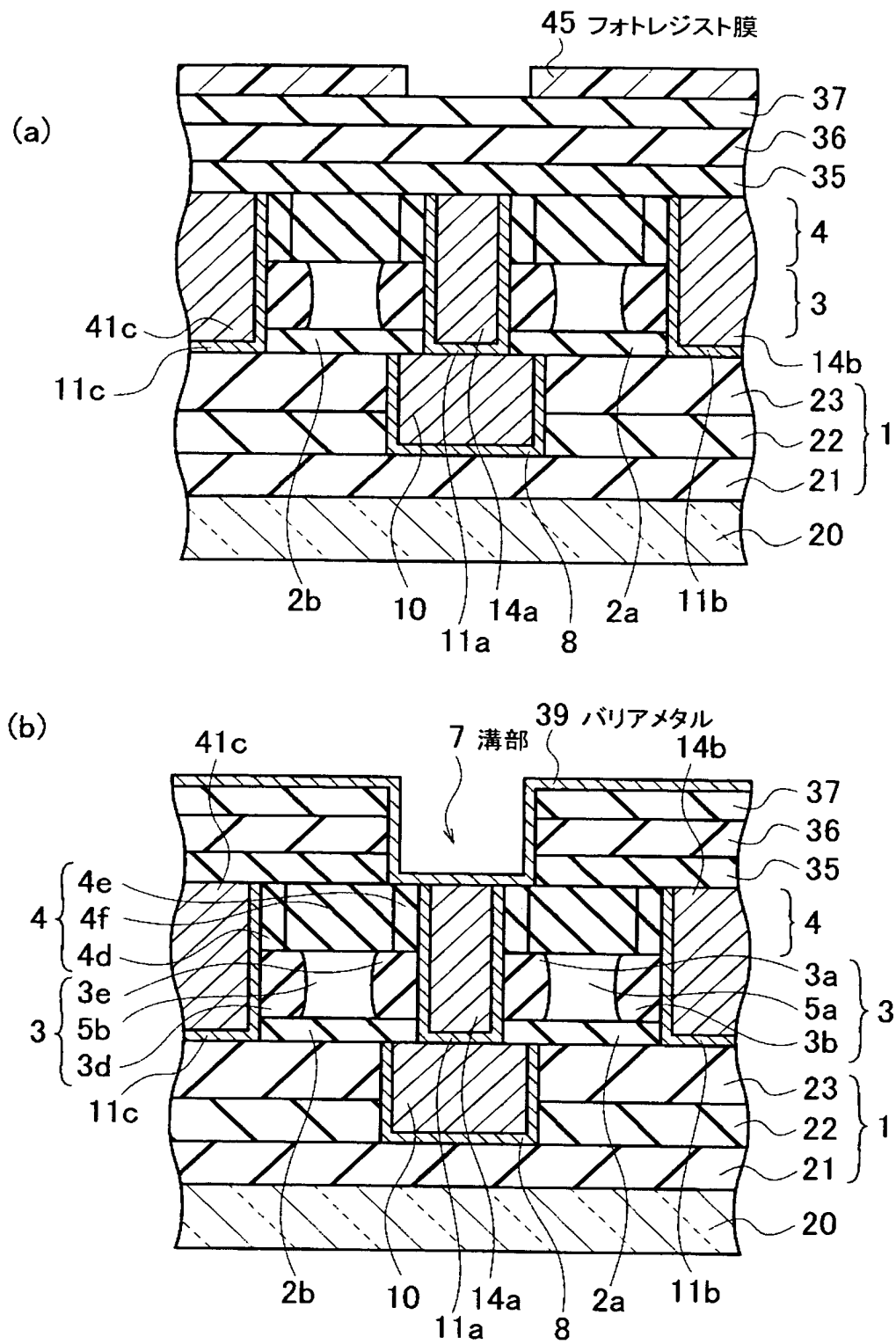
【図 9】



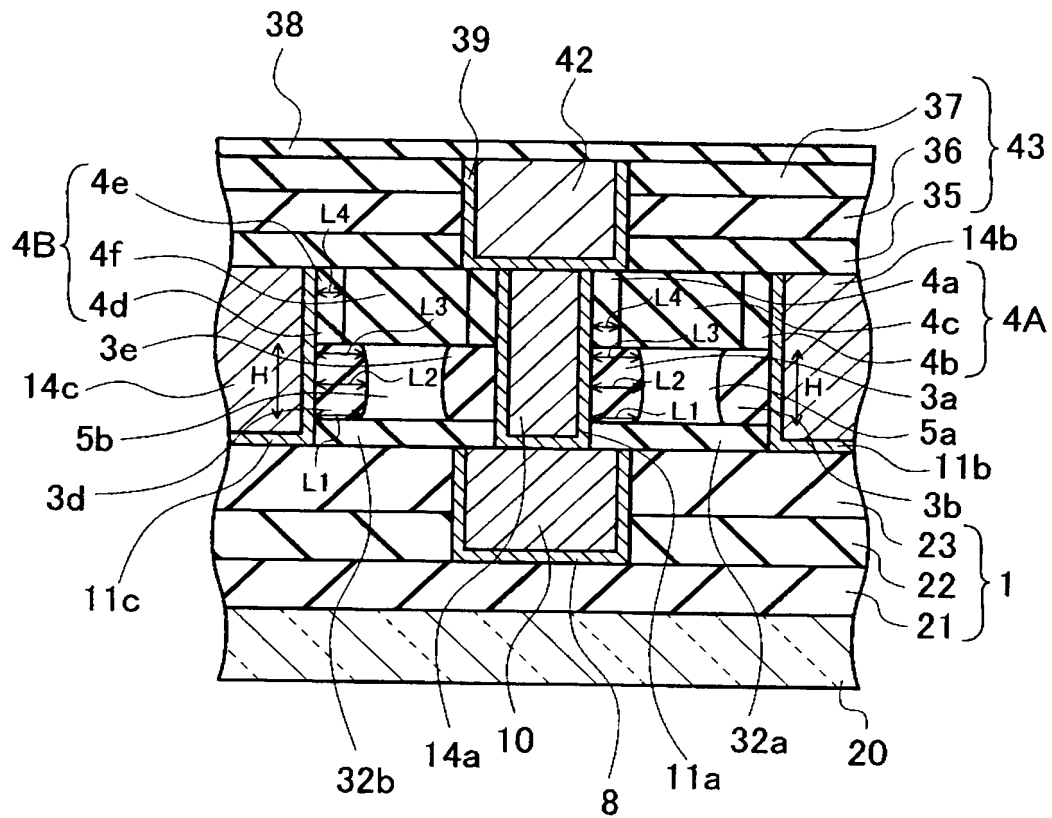
【図10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 誘電率が低く、膜強度が高く、配線容量を制御することができる半導体装置を提供する。

【解決手段】 底部絶縁膜 2 と、マクロ空洞部 5 を内側に挟んで互いに対向し、底部絶縁膜 2 の上に配置された互いに等しい高さの第 1 側壁絶縁膜 3 a 及び第 2 側壁絶縁膜 3 b と、第 1 側壁絶縁膜 3 a の上部から前記第 2 側壁絶縁膜の上部へ架設された上部絶縁膜上部絶縁膜 4 とを備える。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 2 0 2 4 8 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 7 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

氏 名

株式会社東芝